

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 2 月 26 日 (26.02.2004)

PCT

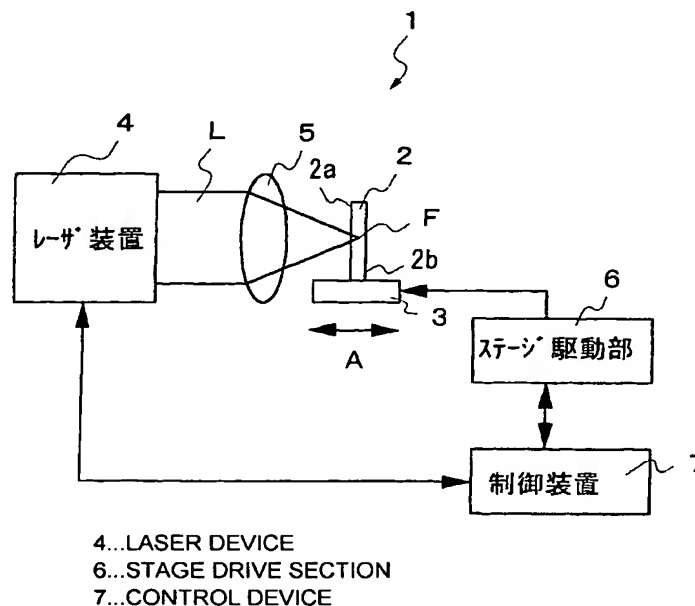
(10) 国際公開番号  
WO 2004/016387 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: B23K 26/40 立区 新田 3 丁目 8 番 2 2 号 法務本部 特許管理セクション Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/009896
- (22) 国際出願日: 2003 年 8 月 4 日 (04.08.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2002-228311 2002 年 8 月 6 日 (06.08.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 並木精密宝石株式会社 (NAMIKI SEIMITSU HOUSEKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒123-8511 東京都足
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小糸 繁之 (KOITO, Shigeyuki) [JP/JP]; 〒123-8511 東京都足立区 新田 3 丁目 8 番 2 2 号 並木精密宝石株式会社 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): CA, US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: LASER PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: レーザ加工方法



(57) Abstract: A laser processing method capable of promoting the clearance of substances removed from a work piece to be processed during processing so as to enhance processing capability. From one side (front face (2a)) of a work piece (2) to be processed through which work piece laser light can be transmitted, very short pulse laser light (L) is applied to the work piece (2). The very short pulse laser light (L) applied is transmitted through the one side (front face (2a)) of the work piece (2) to be processed and condensed on the other side (rear face (2b)), and the work piece (2) is processed from the face or vicinity of the face on the other side (rear face (2b)).

(57) 要約: 加工中に発生する加工除去物質の被加工物からの除去を促進し、加工性能を高めることのできるレーザー加工方法を提供することを目的とする。超短パルスレーザー光 L が透過する被加工物 2 に対して超短パルスレーザー光 L を被加工物 2 の一方側 (前面 2a) から照射する。照射された超短パルスレーザー L が被加工

[続葉有]



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## レーザ加工方法

## 技術分野

本発明は、レーザ加工方法にかかり、特に超短パルスレーザにより被加工物を加工するレーザ加工方法に関する。

## 背景技術

従来のレーザ加工方法は、被加工物に対してレーザを集光・照射することにより、高エネルギーを与えて被加工物の加工を行っていた。しかし、レーザを透過する被加工物（例えば、石英ガラス等の透明な被加工物や、ある特定の波長のレーザが透過する可視光では非透明な被加工物等）であると、パルス時間の長いパルスレーザや連続発振レーザを照射しても、レーザが被加工物を透過するためエネルギーが吸収されず、加工することは困難であった。

近年、レーザ加工方法に、パルス時間幅が1フェムト秒以上1ピコ秒以下の超短パルスレーザ(フェムト秒レーザ)を用いれば、レーザが透過してしまう被加工物であっても、多光子吸収プロセスによりレーザが集光した部分で被加工物を加工できる技術が開発されている。この超短パルスレーザを用いたレーザ加工方法で、被加工物に穴を形成する場合には、被加工物の前面（レーザ装置と対向する面）でレーザが集光するように被加工物の前面側からレンズによりレーザを集光し一定時間被加工物の前面から照射させて、加工を行うものである。

しかしながら、上記した超短パルスレーザを用いたレーザ加工方法であると、穴の形成方向とレーザの照射方向とが同方向となる。第6図に示すように、穴H2の形成方向（矢印S2）とレーザの照射方向（矢印I2）とが同方向であると、レーザL2によって発生したプラズマP2による圧力方向（矢印P3）とレーザの照射により発生する加工除去物質の飛散方向（矢印M2）とが対立し、加工除去物質の飛散が妨害される。これにより、図の矢印D2のように加工除去物質が穴H2の内部に残留してしまい、後のレーザ照射による加工の妨げとなるため、例えば穴を形成する場合にはアスペクト比（穴の深さと径の比）の高い穴H2を形成することができなかった。

また、形成された穴は、レーザの照射方向に近づくほど径の大きい穴、つまりテーパ形状となってしまう。テーパ形状とならない穴は、大抵の場合、ドリルを用いることにより形成可能であるが、被加工物との磨耗によるドリルの消耗や、加工時間がかかる、という問題がある。例えば、二酸化珪素（ $\text{SiO}_2$ ）に直径 $\phi 500\ \mu\text{m}$ の穴を形成する場合には、その加工速度は $0.05\ \text{mm/s}$ 程度である。

本発明の課題は、加工中に発生する加工除去物質の被加工物からの除去を促進し、加工性能を高めることのできるレーザ加工方法を提供することを目的とする。

## 発明の開示

請求の範囲1記載の発明は、超短パルスレーザが透過する被加工物に対して前記超短パルスレーザを前記被加工物の一方側から照射し、照射された前記超短パルスレーザが前記被加工物の一方

側を透過して他方側で集光し、前記他方側の面あるいは面近傍から前記被加工物を加工することを特徴としている。

請求の範囲 1 記載の発明によれば、被加工物の他方側で集光した超短パルスレーザにより被加工物が加工されるので、被加工物は前記他方側から加工が開始されることとなる。被加工物に凹みを形成する場合には、前記他方側で集光した超短パルスレーザの集光地点を、被加工物の内部に向かうように、被加工物に対して相対的に移動させて加工を行う。この加工で発生する加工除去物質は、レーザの照射に形成された凹みから発散し易い方向、つまり発生位置から被加工物の外部に向かって飛散する。一方、レーザの照射によって発生するプラズマは、常にレーザが照射されている加工部分に存在するため、結果として加工除去物質の飛散方向の上流側に位置することになる。従って、プラズマの発生により生じる圧力の方向と加工除去物質の飛散方向とがほぼ一致するので、プラズマにより加工除去物質の飛散は促進され、加工された凹み内部への加工除去物質の残留を防止することができる。したがって、加工性能を向上させることができる。

本発明でいう「レーザが透過する被加工物」とは、例えば、石英ガラス等の透明な被加工物や、ある特定の波長のレーザが透過する可視光では非透明な被加工物等であり、レーザ光を完全に透過する、つまりレーザ光に対する吸収が全くないものに限らず、吸収係数  $\alpha < 1$  の物質を含んだ意味である。

請求の範囲 2 記載の発明は、請求の範囲 1 記載のレーザ加工方法において、前記他方側で集光した前記超短パルスレーザを前記被加工物の前記他方側から前記一方側に向かうように、前記被加工物に対して相対的に移動させて前記被加工物に穴を形成するこ

とを特徴としている。

請求の範囲 2 記載の発明によれば、他方側で集光した超短パルスレーザが被加工物の他方側から一方側に向かうように、集光した超短パルスレーザを被加工物に対して相対的に移動させて被加工物に穴を形成する。このため穴が深くなっても加工除去物質の飛散が促進されているので、従来のように被加工物の前面側から加工を開始した場合よりも深い穴、つまり高アスペクト比の穴を形成することができる。特に、ドリルなどを用いた機械加工等と比較して、短時間で高アスペクト比の穴を形成することができる。

また、残留した加工除去物質の影響をほとんど受けないため、テーパ状でない、すなわち円筒状の穴を形成することができる。

また、超短パルスレーザでは熱的影響の少ない加工が行えるために、被加工物の穴の内周部分への光学損傷も少なく、機械研磨や熱処理等の後処理の必要のない穴を形成することができる。

請求の範囲 3 の発明によれば、請求の範囲 1 又は請求の範囲 2 記載のレーザ加工方法において、超短パルスレーザが透過する被加工物が、酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ )、二酸化珪素 ( $SiO_2$ )、ダイヤモンド、炭化珪素 ( $SiC$ )、シリコン ( $Si$ )、二酸化チタン ( $TiO_2$ ) を主成分とする材料であることを特徴としている。

ここで、本発明の「酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ )、二酸化珪素 ( $SiO_2$ )、ダイヤモンド、炭化珪素 ( $SiC$ )、シリコン ( $Si$ )、二酸化チタン ( $TiO_2$ ) を主成分とする材料」とは、酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ )、二酸化珪素 ( $SiO_2$ )、ダイヤモンド、炭化珪素 ( $SiC$ )、シリコン ( $Si$ )、二酸化チタン ( $TiO_2$ ) 単独の材料だけでなく、各種のドーパント等、他の物質を含有する材料も含まれることを意味している。例えば、「酸化アルミニウム」は、ドーパントを含む

チタンサファイヤ、ルビー、サファイヤ等も含む。「二酸化珪素 ( $\text{SiO}_2$ )」は石英（結晶）、石英ガラスを含む。

請求の範囲 3 記載の発明によれば、他方側で集光した超短パルスレーザが被加工物の他方側から加工、例えば凹みを形成する、あるいは、他方側から一方側に向かうように、集光した超短パルスレーザを被加工物に対して相対的に移動させて被加工物に穴を形成するため、従来では加工が困難であった二酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、二酸化珪素 ( $\text{SiO}_2$ )、ダイヤモンド、炭化珪素 ( $\text{SiC}$ )、シリコン ( $\text{Si}$ )、二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) を主成分とする材料に対しても、後処理の必要のない精度の高い加工を行うことができる。

#### 図面の簡単な説明

第 1 図は本発明のレーザ加工方法により加工を行うレーザ加工装置の概念構成説明図である。

第 2 図は第 1 図のレーザ加工装置で被加工物に穴が形成される際の形成手順を表す説明図である。

第 3 図は第 1 図のレーザ加工装置で穴が形成される際の加工除去物質とプラズマとの関係を表した説明図である。

第 4 図は実験 1 で被加工物に形成された穴を表す説明図である。

第 5 図は実験 2 で被加工物に形成された穴を表す説明図である。

第 6 図は従来のレーザ加工方法で穴が形成される際の加工除去物質とプラズマとの関係を表した説明図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態について、第 1 図～第 5 図の図面を参照しながら説明する。

第 1 図は本発明に係るレーザ加工方法を実施するためのレーザ加工装置の実施形態を示したもので、このレーザ加工装置 1 は、レーザ装置 4 が照射した超短パルスレーザ光（パルス時間幅が 1 フェムト秒以上 1 ピコ秒以下のパルスレーザ：以下レーザ光 L と記載）をステージ 3 上で固定された被加工物 2 に対して、被加工物 2 の前面 2 a 側（一方側）から照射し、被加工物 2 を後面 2 b（他方側）から加工するものである。

レーザ装置 4 と被加工物 2 の間には、レーザ装置 4 により照射されたレーザ光 L を前記前面 2 a 側から集光するレンズ 5 が設けられている。このレンズ 5 に対して、ステージ 3 が、モータ等のステージ駆動部 6 によってレーザ L の光軸方向（矢印 A）に沿って移動させられることで、被加工物 2 とレンズ 5 とが相対的に移動させられる。これらレーザ装置 4 とステージ駆動部 6 は、制御装置 7 によって加工条件に適するように制御されている。

次に、レーザ加工装置を用いた本発明のレーザ加工方法について第 2 図を参照にして説明する。ここで、被加工物 2 は、レーザ装置 4 から照射されるレーザ光 L が透過するものであれば如何なるものでもよく、本実施の形態では、被加工物 2 として板状の透明な石英ガラスを用いている。

制御装置 7 は、レーザ加工を開始するタイミングになると、第 2 図（a）に示すように、レンズ 5 による集光地点 F が被加工物 2 の後面 2 b 側（他方側）となるように、ステージ駆動部 6 を制御してステージ 3 を駆動させる。そして、制御装置 7 は、レーザ装置 4 を制御してレーザ光 L を被加工物 2 に向けて照射させる。

そして、制御装置 7 は、レーザ光 L を照射させたままで、被加工物 2 が所定の速度（加工速度）で後方（第 2 図では右側）へと



移動するようにステージ 3 を制御する。これにより、レンズ 5 で集光されたレーザ光 L の集光地点 F は、被加工物 2 に対して相対的に被加工物 2 の後面 2 b 側から前面 2 a 側に向かって移動することとなる。この移動によって、集光地点 F が被加工物 2 の後面 2 b に位置すると、被加工物 2 のこの部分には、集光地点 F で集光されたレーザ光 L によって多光子吸収プロセスが生じて加工除去され、第 2 図 (b) に示すように、被加工物 2 に対して穴 H の形成が行われる。

その後ステージ 3 の移動に伴って、第 2 図 (c) に示すように、レンズ 5 で集光されたレーザ光 L により穴 H が深く形成されていき、集光地点 F が被加工物 2 の前面 2 a 側に位置すると第 2 図 (d) に示すように、穴 H が被加工物 2 を貫通する。

ここで、穴 H の形成時には、第 3 図に示すように、穴 H の形成方向 (矢印 S 1) とレーザの照射方向 (矢印 I 1) とが逆方向となり、レーザ L によって発生したプラズマ P により発生した圧力の方向 (矢印 P 1) と加工除去物質の飛散方向 (矢印 M 1) とが穴 H の形成方向とは逆の方向を向くこととなる。また、穴 H の形成時には、レーザによって発生するプラズマは、常にレーザが照射されている加工部分に存在するため、結果として加工除去物質の飛散方向の上流側で発生するので、プラズマ P の圧力により加工除去物質の飛散が加勢される (矢印 D 1)。つまり、プラズマ P によって加工除去物質の飛散が促進されることになり、アスペクト比の高い穴 H を形成することが可能となる。

また、穴 H が被加工物 2 を貫通するまでは、加工除去物質は後方 (2 b 側) に向かって、つまりレンズ 5 が配置された方向とは逆の方向に向かって飛散する。これにより、飛散した加工除去物

質がレンズ 5 に付着することを防止することができる。

また、超短パルスレーザでは熱的影響の少ない加工が行えるために、被加工物の穴の内周部分への光学損傷も少なく、機械研磨や熱処理等の後処理の必要のない穴を形成することができる。

このように、本発明の加工方法は、従来のドリル等の加工に比べて、加工時間を大幅に短縮することができるうえ、ドリル加工と同程度の加工性を有するものである。

さらに、本発明の加工方法は、酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ )、二酸化珪素 ( $SiO_2$ )、ダイヤモンド、炭化珪素 ( $SiC$ )、シリコン ( $Si$ )、二酸化チタン ( $TiO_2$ ) を主成分とする材料を被加工物として使用することもできる。これらの、被加工材料としては硬度が大きく、加工が困難な材料に対しても、超短パルスレーザ光を使用し、さらに、上記加工方法を用いることにより、短時間で高精度の加工を行うことができる。

これらの材料は、その硬度が大きいことから加工は困難である反面、工業用品としての需要やその用途、及び、利用価値も大きいものである。

このように、高アスペクト比で、かつ、光学的損傷の少ない加工が可能であるため、ダイス、精密部品のガイド、あるいは、近年化学などの分野で用いられている  $\mu T A S$  (Micro Total Analysis System) 等の流路の形成等、様々な分野に用いられる物品の形成に、本発明のレーザ加工方法を適用することができる。

次に本発明者による実験の結果について説明する。

この実験では、本発明を適用したレーザ加工方法と従来のレーザ加工方法とで、それぞれ被加工物に穴を形成している。

[ 実験 1 ]

実験 1 では、本発明を適用したレーザ加工方法によって大気中で被加工物に穴を形成した。

本実験 1 の各条件は以下に示す。なお、実験 1 で用いたレーザ装置 4 は、超短パルスレーザを照射するフェムト秒レーザ装置を用いている。

|           |                     |
|-----------|---------------------|
| ・ 中心波長    | 約 8 0 0 n m         |
| ・ パルス幅    | 約 1 5 0 ～ 2 0 0 f s |
| ・ 繰り返し周波数 | 1 k H z             |
| ・ 出力      | 2 0 0 m W           |
| ・ レンズ     | × 5 の対物レンズ          |
| ・ 被加工物    | 石英ガラス               |
| ・ 加工速度    | 1 0 0 $\mu$ m / s   |

である。

そして、上記したレーザ加工方法で石英ガラス G 1 にレーザ光 L を照射して、第 4 図に示すように深さ 3 . 2 m m の穴 h 1 を形成した。第 4 図に示すような内径の一樣な穴を形成できた。

#### [ 実験 2 ]

実験 2 では、従来のレーザ加工方法によって被加工物に穴を形成した。

ここで、従来のレーザ加工方法も上記したレーザ加工装置 1 によって実行される。具体的には、制御装置 7 は、レンズ 5 の集光地点 F が被加工物 2 の前面 2 a に配置されるように、ステージ駆動部 6 を制御してステージ 3 を駆動した後その位置で固定する。そして、制御装置 7 は、レーザ装置 4 を制御して、レーザ光 L を被加工物 2 に向けて照射する。

そして、制御装置 7 は、レーザ光 L の照射を所定の時間（照射

時間) 行い、被加工物 2 に穴を形成する。

本実験 2 の各条件は以下に示す。なお、実験 2 で用いたレーザ装置 4 についても、超短パルスレーザを照射するフェムト秒レーザ装置を用いている。

- ・ 中心波長                      約 8 0 0 n m
- ・ パルス幅                      約 1 5 0 ～ 2 0 0 f s
- ・ 繰り返し周波数              1 k H z
- ・ 出力                              5 9 0 m W
- ・ レンズ                              f = 4 0 のレンズ
- ・ 被加工物                      石英ガラス
- ・ 照射時間                      1 0 s 、 3 0 s 、 6 0 s 、 3 0 0 s 、 6 0 0 s

である。

そして、上記した従来のレーザ加工方法で、照射時間を 1 0 s 、 3 0 s 、 6 0 s 、 3 0 0 s 、 6 0 0 s と異ならせて石英ガラス G 2 にレーザ光 L を照射し、複数の穴 h 2 ～ h 6 を形成する。

ここで、照射時間と形成された複数の穴 h 2 ～ h 6 についての結果を表 1 に示す。

【表 1】

|                          | 照射時間 (sec)    |               |               |               |               |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                          | 1 0           | 3 0           | 6 0           | 3 0 0         | 6 0 0         |
| 穴の深さ (mm)<br>(図 5 の穴の符号) | 0.785<br>(h2) | 0.785<br>(h3) | 0.785<br>(h4) | 0.785<br>(h5) | 0.785<br>(h6) |

表 1 に示すように、形成された穴の深度について、従来の方法により形成された複数の穴 h 2 ～ h 6 は、照射時間が異なるにも

関わらず深度が全て 0.785 mm と同じであり、深度の深い穴を形成するのが困難であることがわかる。一方、本発明の加工方法で形成した穴は、3.2 mm であり、この穴 h 1 の形成のために照射した時間は、32 秒である。このように、本発明の加工方法は、短時間で、従来に比べてはるかに深度の深い穴を形成することができる。

また、複数の穴 h 2 ~ h 6 は、第 5 図に示すように、いずれの穴 h 2 ~ h 6 も先方に向かって内径が小さくなるテーパ状の穴となっている。

このように、実験 2 ではいずれの穴 h 2 ~ h 6 もテーパ状に形成されているのに対して、実験 1 では第 4 図に示すように、テーパ状でない円筒状の穴を被加工物に形成していることがわかる。このように、本発明を適用したレーザ加工方法であれば、円筒状の穴を形成することが可能となる。従って、本発明の加工方法により、高アスペクト比の穴 h 1 を形成することが可能となる。

尚、実験 2 において、レンズに  $f = 40$  のレンズを使用したのは、実験 1 と同様に対物レンズを使用すると、形成される穴がほとんど測定不能な程小さいためである。

なお、本発明は上記実施の形態に限らず適宜変更可能であるのは勿論である。

例えば、本実施の形態では、被加工物 2 として石英ガラスを例示して説明したが、被加工物 2 はレーザ光 L が透過する物質であれば如何なるものでもよく、例えば、酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ )、ダイヤモンド、炭化珪素 (SiC)、シリコン (Si)、二酸化チタン ( $TiO_2$ ) 等を主成分とする材料を用いることができる。この他にも、レーザ光 L が透過する物質や、ある特定の波長のレーザが透過する可

視光では非透明な物質に対しても、本発明の加工方法を適用することができる。

また、本実施の形態では、被加工物 2 を移動させることで、被加工物 2 とレンズ 5 とを相対的に移動させていたが、被加工物 2 を移動させなくてもレンズ 5 を移動させて、両者を相対的に移動させる構成であってもよい。

また、本実施の形態では、大気中でレーザ加工装置 1 を使用する場合について説明したが、これに限られるものではないことは勿論であり、例えば真空中でレーザ加工装置 1 を使用してもよい。

#### 産業上の利用の可能性

請求の範囲 1 記載の発明によれば、被加工物是他方側から加工が開始されたため、被加工物に凹みを形成する場合には、他方側で集光した超短パルスレーザを、被加工物の内部に向かうように被加工物に対して相対的に移動させて加工を行う。この加工で発生する加工除去物質は、凹みの開口から被加工物の外部に向かって飛散する。一方、レーザによって発生するプラズマは、常に加工除去物質の上流側に位置することとなる。つまり、プラズマの圧力方向と加工除去物質の飛散方向とがほぼ一致するので、プラズマにより加工除去物質の飛散は促進され、加工された凹み内部からの加工除去物質の除去を促進することができる。したがって、レーザ加工方法の加工性能を高めることができる。

請求の範囲 2 記載の発明によれば、穴が深くなっても加工除去物質の飛散は妨害されることなく、従来のように被加工物の前面側から加工を開始した場合よりも深い穴、つまり高アスペクト比の穴を形成することができる。特に、ドリルなどを用いた機械加

工等と比較して、短時間で高アスペクト比の穴を形成することができる。

特に、従来のレーザー加工方法で穴を形成した場合には、入口部分が径の大きいテーパ状の穴になってしまっていたが、この発明では、プラズマが加工除去物質の飛散を促進し、加工除去物質が加工に与える影響も少なく、円筒状の穴を形成することができる。

また、超短パルスレーザーでは熱的影響の少ない加工が行えるために、被加工物の穴の内周部分が光学損傷を受けることを抑えることができ、機械研磨や熱処理等の後処理の必要のない穴を形成することができる。

さらに、加工に要する時間も従来のドリル等の加工に比べて、大幅に短縮することができる。

請求の範囲 3 記載の発明によれば、他方側で集光した超短パルスレーザーが被加工物の他方側から加工、例えば凹みを形成する、あるいは、他方側から一方側に向かうように、集光した超短パルスレーザーを被加工物に対して相対的に移動させて被加工物に穴を形成するため、従来では加工が困難であった二酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ )、二酸化珪素 ( $SiO_2$ )、ダイヤモンド、炭化珪素 ( $SiC$ )、シリコン ( $Si$ )、二酸化チタン ( $TiO_2$ ) を主成分とする材料に対しても、後処理の必要のない精度の高い加工を行うことができる。

## 請 求 の 範 囲

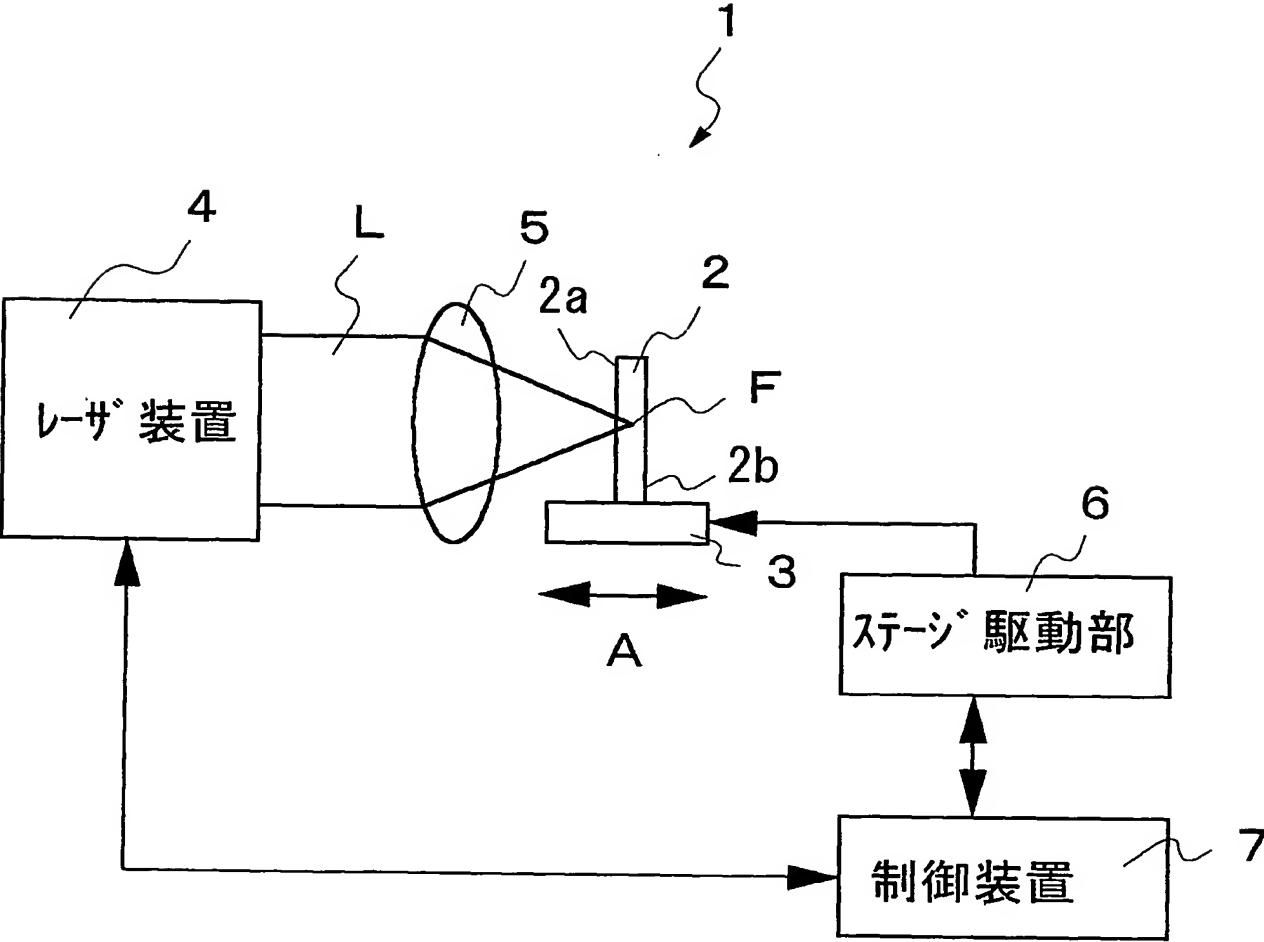
1. 超短パルスレーザーが透過する被加工物に対して前記超短パルスレーザーを前記被加工物の一方側から照射し、照射された前記超短パルスレーザーが前記被加工物の一方側を透過して他方側で集光し、前記他方側の面あるいは面近傍から前記被加工物を加工することを特徴とするレーザー加工方法。

2. 請求の範囲 1 記載のレーザー加工方法において、前記他方側で集光した前記超短パルスレーザーを前記被加工物の前記他方側から前記一方側に向かうように、前記被加工物に対して相対的に移動させて前記被加工物に穴を形成することを特徴とするレーザー加工方法。

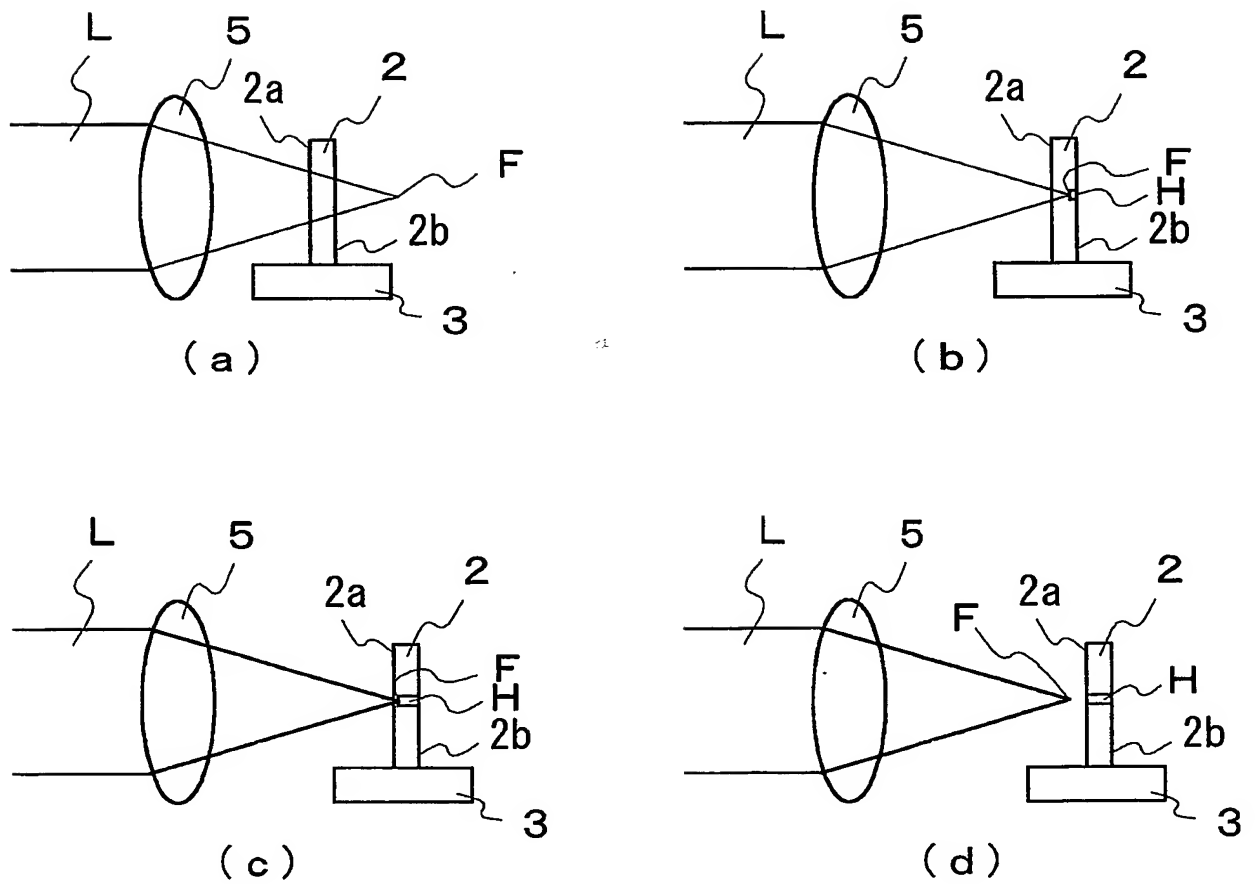
3. 請求の範囲 1 又は請求の範囲 2 記載のレーザー加工方法において、超短パルスレーザーが透過する被加工物が、酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ )、二酸化珪素 ( $SiO_2$ )、ダイヤモンド、炭化珪素 ( $SiC$ )、シリコン ( $Si$ )、二酸化チタン ( $TiO_2$ ) を主成分とする材料であることを特徴とするレーザー加工方法。



第 1 図

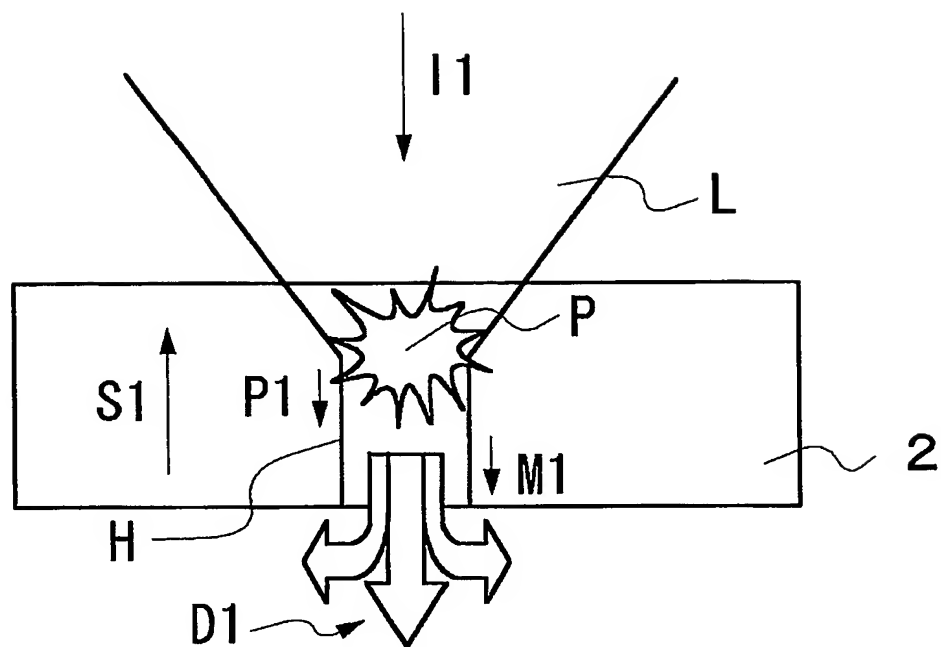


第 2 図

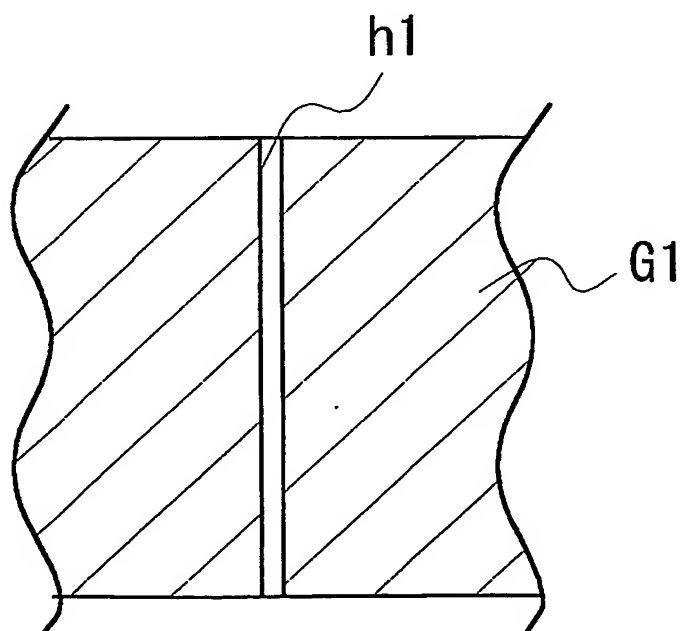


3 / 5

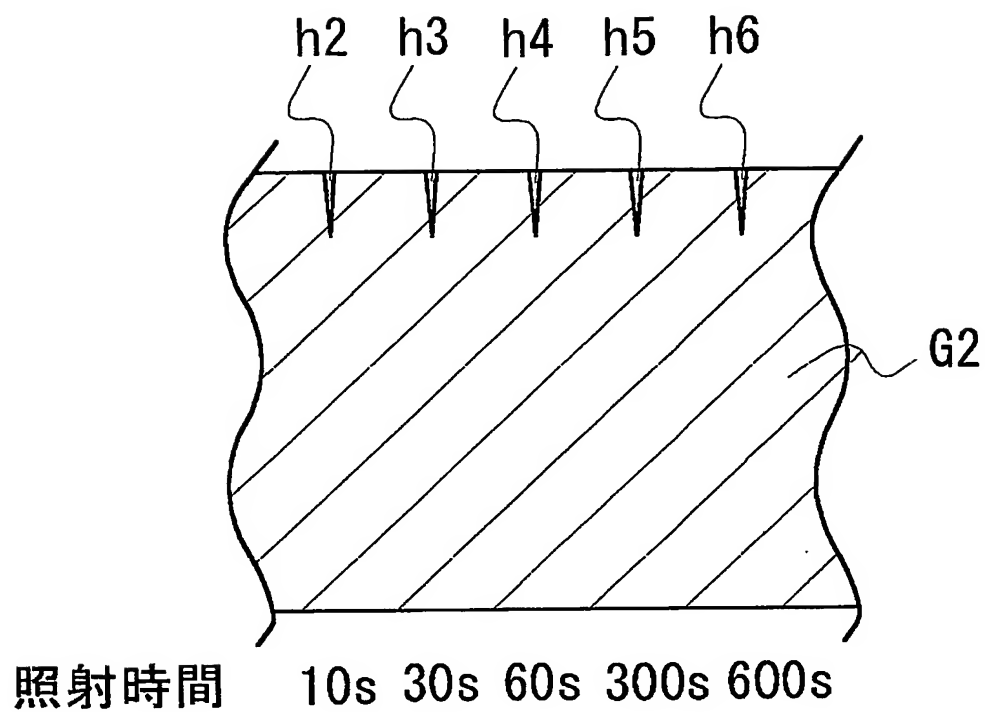
第 3 図



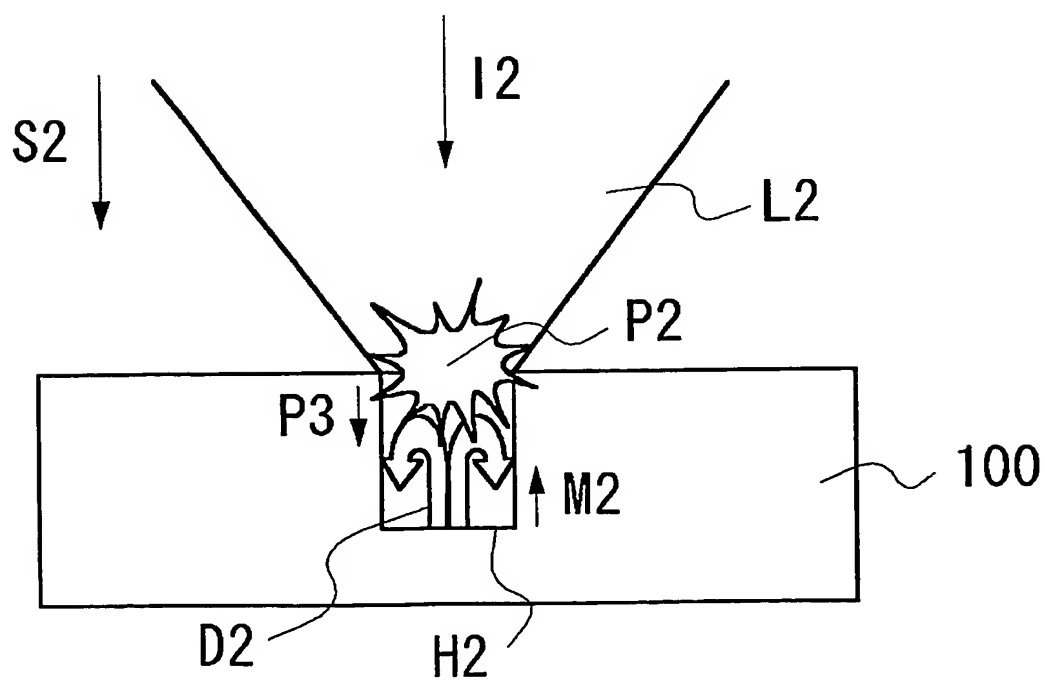
第 4 図



第 5 図



第 6 図



符号の説明

2 被加工物

L レーザ光（超短パルスレーザー光）

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09896

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> B23K26/40

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> B23K26/40

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2003 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2003 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2003 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| Y         | WO 02/22301 A1 (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha),<br>21 March, 2002 (21.03.02),<br>Claims; page 45, line 14 to page 50, line 14;<br>all drawings<br>& JP 2002-192367 A                             | 1-3                   |
| Y         | JP 2002-160079 A (Institute for Laser Technology),<br>04 June, 2002 (04.06.02),<br>Claims; detailed explanation of the invention;<br>Par. Nos. [0006], [0013] to [0026]; Figs. 1 to 2<br>(Family: none) | 1-3                   |
| Y         | EP 863231 A1 (NGK INSULATORS, LTD.),<br>09 September, 1998 (09.09.98),<br>Claims; column 4, lines 40 to 57; Fig. 1<br>& JP 10-305420 A  | 1-3                   |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

|   |  |
|---|--|
| * Special categories of cited documents:  | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone   |
| "E" earlier document but published on or after the international filing date  | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family  |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  |  |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed  |  |

Date of the actual completion of the international search  
14 October, 2003 (14.10.03)Date of mailing of the international search report  
28 October, 2003 (28.10.03)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09896

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| Y         | JP 2001-259868 A (Kimiaki SUZUKI),<br>25 September, 2001 (25.09.01),<br>Claims 1 to 2, 5, 14 to 21; column 8, line 13 to<br>column 9, line 33; column 14, line 29 to column<br>15, line 17; column 20, line 24 to column 21,<br>line 43; Fig. 1<br>(Family: none) | 1-3                   |

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl' B23K26/40

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl' B23K26/40

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2003年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2003年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2003年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示   | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| Y               | WO 02/22301 A1 (浜松ホトニクス株式会社) 2002. 03. 21,<br>特許請求の範囲, 第45頁第14行-第50行第14行, 全図<br>& JP 2002-192367 A            | 1-3              |
| Y               | JP 2002-160079 A (財団法人レーザー技術総合研究所) 2002. 06. 04,<br>特許請求の範囲, 発明の詳細な説明【0006】、【0013】-【0026】、<br>第1-2図 (ファミリーなし) | 1-3              |
| Y               | EP 863231 A1 (NGK INSULATORS, LTD.) 1998. 09. 09,<br>特許請求の範囲, 第4欄第40-57行, 第1図 & JP 10-305420 A                | 1-3              |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 10. 03

国際調査報告の発送日

28.10.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

加藤 昌人

3P

9257

電話番号 03-3581-1101 内線 3362



| C (続き) . 関連すると認められる文献 |  |                  |
|-----------------------|--|------------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示  | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
| Y                     | JP 2001-259868 A (鈴木公明) 2001. 09. 25, 請求項1-2, 5, 14-21,<br>第8欄第13行-第9欄第33行, 第14欄第29行-第15欄第17行,<br>第20欄第24行-第21欄第43行, 第1図 (ファミリーなし) | 1-3              |